

⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑯ Offenlegungsschrift  
⑯ DE 198 26 057 A 1

⑯ Int. Cl. 6:  
F 16 H 15/38

⑯ Aktenzeichen: 198 26 057.1  
⑯ Anmeldetag: 12. 6. 98  
⑯ Offenlegungstag: 16. 12. 99

⑯ Anmelder:  
ZF Friedrichshafen AG, 88046 Friedrichshafen, DE

⑯ Erfinder:  
Sich, Bernhard, 88045 Friedrichshafen, DE

⑯ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

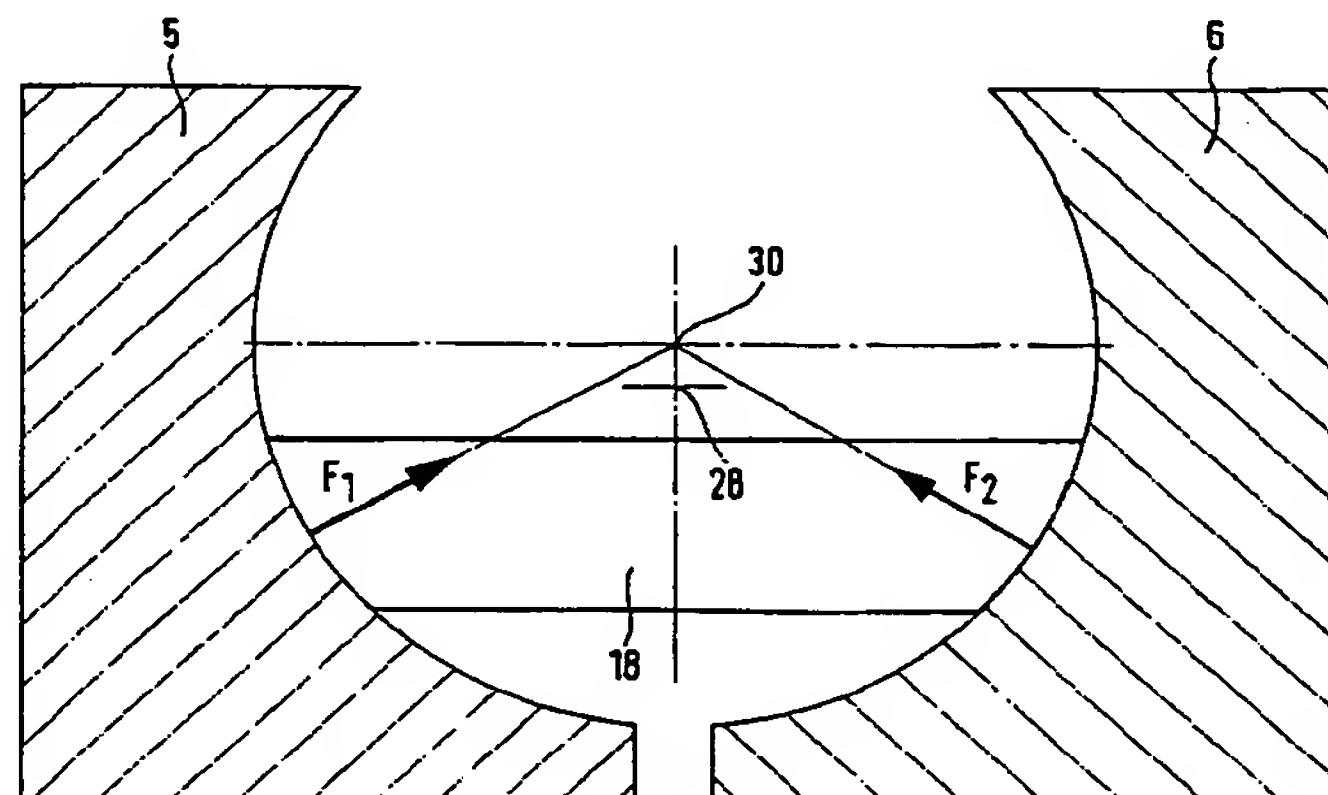
DE-PS 8 54 450  
DE-OS 15 00 455  
US 56 55 989 A  
US 12 62 467

JP 63-106456 A., In: Patents Abstracts of Japan,  
M-743, Sep. 19, 1988, Vol. 12, No. 347;

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑯ Stufenloses Reibradgetriebe

⑯ Das Verfahren zur Steuerung der Übersetzung eines  
stufenlosen Reibradgetriebes besteht darin, daß die  
Schwenkachse eines jeden Reibrades versetzt zum Mittelpunkt  
des durch die zugehörigen Eingangs- und Ausgangsscheiben (5, 6)  
gebildeten Torus angeordnet wird und daß bei Auftreten einer Differenz  
der durch die Anpreßkräfte der beiden Scheiben auf das Reibrad (18)  
erzeugten Normalkräfte (F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>) eine Steuerkraft (F<sub>st</sub>) erzeugt wird, die diese Differenz ausgleicht.



DE 198 26 057 A 1

DE 198 26 057 A 1

## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein stufenloses Reibradgetriebe nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Ein derartiges stufenloses Reibradgetriebe weist üblicherweise koaxial zu einer gemeinsamen Welle angeordnete Eingangs- und Ausgangsscheiben auf, die paarweise zueinander angeordnet sind und deren Innenflächen toroidförmig ausgestaltet sind sowie zwischen den Paaren von Eingangs- und Ausgangsscheiben angeordnete Reibräder. Diese Reibräder stehen sowohl mit den Eingangsscheiben als auch mit den Ausgangsscheiben in Reibkontakt und übertragen das ihnen von der Eingangsscheibe übertragene Drehmoment auf die Ausgangsscheibe durch reibschlüssigen Kontakt, wobei die Drehzahl der Reibräder um so höher ist je grösser der Abstand zwischen ihrer Berührungsstelle mit der Eingangsscheibe und der Drehachse ist. Die Drehzahl der Ausgangsscheiben hingegen ist um so grösser, je näher die Berührungsstelle zwischen Reibrad und Ausgangsscheibe an der Drehachse liegt. Durch Verschwenkung der Reibräder kann demzufolge die Drehzahl der Ausgangsscheibe stufenlos und beliebig eingestellt werden. Zu diesem Zweck sind die Drehachsen der Reibräder an einem Träger gelagert, der über eine Verschwenkeinrichtung ansteuerbar ist.

Das Grundprinzip eines derartigen stufenlosen Reibradgetriebes ist bereits in der US 2 152 796, die im Jahre 1939 veröffentlicht wurde, beschrieben. Darin sind zwei Paare konkaver Eingangs- und Ausgangsscheiben vorgesehen, zwischen denen schwenkbar gelagerte Reibräder angeordnet sind, so dass ein über eine Eingangswelle den Eingangsscheiben und den Reibrädern übertragenes Drehmoment je nach Relativstellung der Reibräder mit einem davon abhängigen Übersetzungsverhältnis über die Ausgangsscheiben, eine Zahnradstufe und eine Hohlwelle einem Summierungsgetriebe in Form eines Planetengetriebes zugeführt wird. Der Steg des Planetengetriebes treibt eine Ausgangswelle, die mit den Antriebsrädern, z. B. eines Kraftfahrzeugs, verbunden ist. Die Ausgangswelle kann dabei parallel zur und im Abstand von der Eingangswelle angeordnet sein. Das Ausgangszahnrad und die beiden Ausgangsscheiben sind drehbar auf einer Hülse gelagert, die an ihren Enden in Lagerstützen abgestützt ist. Die Anordnung der Lagerstützen zwischen jeweils einer Ein- und Ausgangsscheibe setzt einen genügend grossen Bauraum zwischen diesen Scheiben voraus.

Das Getriebe nach der US-PS 3 739 658 weist ebenfalls einen zweizügigen Variator mit zwei paarweise angeordneten Ein- und Ausgangsscheiben auf, zwischen denen schwenkbar gelagerte Reibräder angeordnet sind. Bei dieser Konstruktion ist eine Lagerstütze vorhanden, die Bestandteil des Gehäuses ist und die räumlich zwischen den beiden Ausgangsscheiben liegend angeordnet ist. Die von den Ausgangsscheiben abfließende Leistung wird über ein Planetengetriebe, das zudem als Differential wirkt, einer Hohlwelle zugeleitet. Die Hohlwelle ist mit dem Ausgangszahnrad drehfest verbunden und wird über Kugellager in der Lagerstütze drehbar gehalten.

Das Ausgangszahnrad steht mit einem Zahnrad in Antriebsverbindung, das drehfest am Gehäuse eines Drehmomentwandlers befestigt ist. Dieser treibt die Ausgangswelle des Getriebes. Die Anordnung des Drehmomentwandlers am Eingang der Ausgangswelle bedingt einen relativ grossen Achsabstand zwischen Ein- und Ausgangswelle des Getriebes. Damit sind die Anwendungsfälle für dieses Getriebe stark eingeschränkt, weil der erforderliche Einbauraum nicht immer zur Verfügung steht.

Aus der US 4 893 517 ist ein stufenloses Reibradgetriebe bekannt mit einer Eingangswelle, die ein Gehäuse durch-

setzt. Das Gehäuse ist mittels einer Trennwand in zwei Hohlräume unterteilt, in denen jeweils eine Eingangsscheibe und eine ihr gegenüberliegende Ausgangsscheibe mit dazwischenliegenden Reibrädern gelagert sind, wobei

sowohl die Eingangsscheibe als auch die Ausgangsscheibe in den beiden Hohlräumen auf einer gemeinsamen Achse liegen, zu der die Reibräder zur Erzielung der gewünschten Geschwindigkeitsübersetzung verschwenkt werden können. Die beiden Paare aus Eingangsscheiben- und Ausgangsscheiben sind spiegelsymmetrisch zueinander in den Hohlräumen derart angeordnet, dass die beiden Ausgangsscheiben nebeneinander liegen, und zwar zu beiden Seiten der die beiden Hohlräume voneinander trennenden Trennwand, in der ein Zahnrad gelagert ist, welches von den beiden Ausgangsscheiben gemeinsam mit dem Ausgangsdrehmoment beaufschlagt wird.

Die unveröffentlichte Patentanmeldung DE 197 32 064.8 der Anmelderin beschreibt ein stufenloses Reibradgetriebe, bei dem die Eingangswelle von einer koaxial dazu angeordneten Drehmomentwelle umgeben ist; die Eingangswelle erstreckt sich durch das gesamte stufenlose Getriebe und ist an ihrem Ende mit einer Axialscheibe versehen. Dieser Axialscheibe ist eine Anpresseinrichtung zugeordnet, welche eine erste Eingangsscheibe einer Getriebeeinheit in Richtung zu deren zugehörigen Ausgangsscheibe hin beaufschlagt. Die Eingangsscheibe der zweiten Getriebeeinheit stützt sich über ein Axiallager an einer zweiten Axialscheibe ab und über ein Radiallager auf der Eingangswelle.

Üblicherweise erfolgt die Verstellung der Übersetzung bei diesen halbtoroidförmigen stufenlosen Reibradgetrieben durch Verschiebung des Reibrades tangential zur Getriebewelle, wobei jedoch Schwenkkräfte von den Antriebs- und Abtriebsscheiben auf das Reibrad einwirken, da letztere zur Momentenübertragung an das Reibrad gepresst werden müssen. Das Reibrad ist bei den herkömmlichen stufenlosen Reibradgetrieben derart in jeder Getriebeeinheit angeordnet, dass seine Schwenkachse im Mittelpunkt des durch die zugehörigen Antriebs- und Abtriebsscheiben gebildeten Torus angeordnet ist. In den Kontaktstellen des Reibrades mit der zugehörigen Antriebsscheibe und Abtriebsscheibe werden nun sogenannte Normalkräfte F1, F2 bei der Verstellung der Übersetzung erzeugt.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein stufenloses Reibradgetriebe dahingehend auszustalten, dass bei ungleichen während der Übersetzungsverstellung auftretenden Normalkräften das am Reibrad auftretende dadurch bedingte Drehmoment keine unerwünschte Veränderung der Übersetzung des Getriebes hervorruft.

Die Lösung dieser Aufgabe erfolgt mit den im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 angegebenen Merkmalen; vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen beschrieben.

Erfundsgemäss wird also vorgeschlagen, dass zur Steuerung der Übersetzung die Differenz der Normalkräfte F1, F2, die durch die Anpresskräfte der zugehörigen Ausgangsscheibe und Eingangsscheibe auf jedes Reibrad einwirken, durch Erzeugung einer Steuerkraft kompensiert wird; bei axial gehaltenem Reibrad kann diese Steuerkraft, die zur Verdrehung des Reibrades führt, an einer der beiden zugehörigen Scheiben aufgebracht werden; bei axialer Fixierung einer der Scheiben kann diese Steuerkraft auf das Reibrad einwirken.

Mit der Erfindung wird der Vorteil erzielt, dass diese ein sicheres Konzept bietet: wird zur Steuerung allein die Steuerkraft aufgebracht, dann ändert sich die Übersetzung des Getriebes nicht, falls diese Steuerkraft ausfällt. Eine Leistungssteigerung kann dadurch erfolgen, dass ein drittes Reibrad konstruktiv einfach hinzugefügt werden kann;

durch die einfacheren Betätigungen, d. h. Einstellung der Übersetzung ist eine kostengünstigere Konstruktion des Reibradgetriebes möglich.

Ein erfindungsgemäßes Reibradgetriebe kann vorteilhafterweise sowohl als einzügiges als auch als zweizügiges Reibradgetriebe ausgebildet sein, wobei letzteres zwei Paare von Eingangs- und Ausgangsscheiben aufweist.

Das erfindungsgemäße Getriebe kann ebenfalls als einzügiges Getriebe mit einer Eingangs- und einer Ausgangswelle ausgebildet sein, aber auch als zweizügiges Getriebe vorteilhafterweise eine Eingangswelle, eine koaxial dazu angeordnete Drehmomentwelle und ein Ausgangszahnrad zwischen den beiden Ausgangsscheiben aufweisen.

Im folgenden wird die Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert.

Es zeigen:

**Fig. 1** eine Draufsicht auf ein stufenloses Reibradgetriebe,

**Fig. 2** eine vergrößerte Draufsicht auf eine der Getriebeeinheiten mit erfindungsgemäß angeordneter Schwenkachse und

**Fig. 3a** und **3b** zwei vergrößerte Draufsichten auf eine Getriebeeinheit zur Darstellung der Angriffspunkte der verschiedenen Kräfte.

Bei der in **Fig. 1** dargestellten Draufsicht auf ein stufenloses Reibradgetriebe sind nur die für das Verständnis der Erfindung wesentlichen Bauteile bezeichnet. Die Eingangswelle 1 erstreckt sich durch das gesamte Getriebe und trägt eine drehfest mit ihr verbundene Axialscheibe 2, wobei sie über einen Teil ihrer Länge von einer Drehmomentwelle 25 koaxial umgeben ist. Die Eingangswelle 1 ist mit einem nicht dargestellten Anfahrelement, z. B. mit einem Drehmomentwandler oder einer nass laufenden Anfahrikupplung einer Antriebsmaschine eines Kraftfahrzeugs verbunden. Das stufenlose Reibradgetriebe weist zwei Getriebeeinheiten auf, die jeweils aus einer Eingangsscheibe und einer ihr zugeordneten Ausgangsscheibe mit toroidförmiger Oberfläche bestehen. Die Eingangsscheibe 4 der einen Getriebeeinheit stützt sich über ein Lager 3 auf einer Axialscheibe 2 ab und ist drehfest, aber längsverschieblich über eine Verriegelungseinrichtung (Ball-Spline) 23 auf der Drehmomentwelle 25 gelagert. Die ihr zugeordnete Ausgangsscheibe 5, die ebenfalls eine toroidförmige Oberfläche aufweist, ist auf einer Buchse angeordnet; die Eingangsscheibe 6 der zweiten Getriebeeinheit ist ebenfalls drehfest auf der Drehmomentwelle 25 gelagert, während die ihr zugeordnete Ausgangsscheibe 7 mit der Buchse fest verbunden ist, die die Drehmomentwelle umgibt.

Mit 8 ist eine Anpresseeinrichtung bezeichnet, die rollenförmig ausgestaltet ist und die zwischen der Eingangsscheibe 6 und einer Scheibe 9 mit einer Kurvenbahn angeordnet ist, wobei die Scheibe 9 in Axialrichtung verschiebar, aber drehfest mit der Eingangswelle 1 verbunden ist. Mit Hilfe der rollenförmigen Anpresseeinrichtung 8 wird die Eingangsscheibe 6 und die Eingangsscheibe 4 in Axialrichtung zur Ausgangsscheibe 7 hin beaufschlagt.

Mit 11 ist ein topfförmiges Lagerstützglied bezeichnet, welches an seiner Oberseite mit einem Rahmenbügel 22 fest verbunden, z. B. verschraubt ist und das mittig von der Drehmomentwelle 25 durchsetzt wird. Das Lagerstützglied 11 ist zwischen den beiden Getriebeeinheiten angeordnet und trennt diese voneinander. Das Lagerstützglied 11 sowie der obere Rahmenbügel 22 und ein weiterer unterer Rahmenbügel bilden zusammen eine Halterrahmen. Mit 14, 15 sind Zapfen für zwei obere Querjoche 12, 13 bezeichnet, in denen Träger 16, 17 für die Reibräder 18, 19 gelagert sind. Nicht dargestellt in **Fig. 1** sind die unteren Querjoche, in denen ebenfalls Zapfen für die Träger 16, 17 der Reibräder 18,

19 gelagert sind.

In den beiden Getriebeeinheiten sind jeweils vorzugsweise zwei Reibräder 18, 19 vorgesehen, die an den schwenkbar angeordneten Trägern 16, 17 befestigt sind, so dass sie bezüglich der Längsachse der Eingangswelle 1 verschwenkt werden können. Die Reibräder 18, 19 stehen in reibschlüssigem Kontakt mit den beiden ihnen zugewandten Oberflächen der Eingangsscheiben 4, 6 und der Ausgangsscheiben 5, 7, wobei die Reibräder jeder Getriebeeinheit symmetrisch zur Achse der Eingangswelle 1 angeordnet sind.

Werden nun die Reibräder 18, 19 durch die nicht dargestellte Verschwenkeinrichtung bezüglich der Längsachse der Eingangswelle 1 geneigt, so verschieben sich die Berührungspunkte des Umfangs der Reibräder 18, 19 entlang der toroidförmigen Oberfläche sowohl der Eingangsscheiben als auch der Ausgangsscheiben, wodurch das Übersetzungsverhältnis zwischen einer Eingangs- und einer Ausgangsgeschwindigkeit kontinuierlich, d. h. stufenlos eingestellt werden kann.

Bei dieser Momentenübertragung wird also die Eingangsscheibe 5 und die Ausgangsscheibe 6 an das Reibrad 18 gepresst, wodurch in den Kontaktstellen Normalkräfte  $F_1, F_2$  erzeugt werden.

Wird nun, wie die Erfindung vorsieht, die Schwenkachse 28 des Reibrades 18 in einer Ebene senkrecht zur Getriebelängsachse 29 in Richtung der Getriebelängsachse versetzt angeordnet und damit aus dem Mittelpunkt 30 des durch die Antriebsscheibe 5 und die zugehörige Abtriebsscheibe 6 gebildeten Torus entfernt, so wird am Reibrad ein Drehmoment dann erzeugt, wenn die auftretenden Normalkräfte  $F_1, F_2$  (**Fig. 2**) ungleich sind. Dieses erzeugte Drehmoment verdreht das Reibrad, wodurch eine Veränderung der Übersetzung des stufenlosen Reibradgetriebes hervorgerufen wird. Erfindungsgemäß wird nun vorgesehen, zur Steuerung der Getriebübersetzung eine zwischen den Normalkräften  $F_1$  und  $F_2$  auftretende Differenz durch Erzeugung einer Steuerkraft  $F_{st}$  zu kompensieren.

Diese Steuerkraft  $F_{st}$  wird nun bei axial festgehaltenem Reibrad gemäß **Fig. 3a** an einer der beiden Scheiben, z. B. der Abtriebsscheibe 6 aufgebracht, die zusätzlich zur Anpresskraft  $F_{ab}$  mit der Steuerkraft  $F_{st}$  beaufschlagt wird. Ist hingegen eine der beiden Scheiben axial fixiert, so kann, wie es in **Fig. 3b** dargestellt ist, die Steuerkraft  $F_{st}$  auf das Reibrad 18 aufgebracht werden, um die Differenz zwischen den in den Berührungsstellen mit den zugehörigen Scheiben auftretenden Normalkräften  $F_1$  und  $F_2$  zu kompensieren.

Wird dabei zur Steuerung der Übersetzung dieses stufenlosen Reibradgetriebes ausschließlich die Steuerkraft aufgebracht, so ändert sich die Übersetzung des Getriebes dann nicht, wenn diese Steuerkraft ausfällt.

#### Bezugszeichenliste

- 55 1 Eingangswelle
- 2 Axialscheibe
- 3 Lager
- 4 Eingangsscheibe
- 5 Ausgangsscheibe
- 6 Eingangsscheibe
- 7 Ausgangsscheibe
- 8 Anpresseinrichtung
- 9 Scheibe mit Kurvenbahn
- 10 Endflansch
- 11 Lagerstützglied
- 12 Querjoch
- 13 Querjoch
- 14 Zapfen

15 Zapfen	
16 Träger	
17 Träger	
18 Reibräder	
19 Reibräder	5
20 Lager	
21 Lager	
22 Rahmenbügel	
23 Ball-Spline	
d1, d2 Durchmesser	10
25 Drehmomentwelle	
26 Ball-Spline	
28 Schwenkachse des Reibrades	
29 Getriebelängsachse	
30 Torusmittelpunkt	15
F <sub>1</sub> , F <sub>2</sub> Normalkräfte	
F <sub>st</sub> Steuerkraft	

beaufschlagt wird.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

## Patentansprüche

20

1. Verfahren zur Steuerung der Übersetzung eines stufenlosen Reibradgetriebes mit:
  - einer Eingangswelle (1),
  - wenigstens einer, insbesondere koaxial zur Eingangswelle angeordneten Eingangsscheibe (4, 6) 25 mit einer toroidförmigen Innenfläche,
  - wenigstens einer, insbesondere koaxial zur Eingangswelle angeordneten Ausgangsscheibe (5, 7) mit einer toroidförmigen Innenfläche, wobei eine Eingangsscheibe und eine Ausgangsscheibe je- 30 weils ein Paar bilden,
  - mehreren Reibrädern (18, 19), die zwischen den Innenflächen des wenigstens einen Paares der Eingangsscheibe und Ausgangsscheibe verschwenkbar angeordnet sind zur Übertragung ei- 35 nes Drehmomentes von der Eingangsscheibe auf die zugehörige Ausgangsscheibe,
  - einer Anpresseinrichtung (8), die insbesondere bei der Eingangsscheibe (6) angeordnet ist, um diese in Richtung Ausgangsscheibe (7) zu beauf- 40 schlagen,
  - einem Ausgangszahnrad oder einer Ausgangs- welle oder einem ähnlichen Bauteil,
  - einem Axialflansch (2) oder einem ähnlichen Bauteil, auf dem sich insbesondere die Ausgangs- 45 scheibe abstützt,

dadurch gekennzeichnet, dass die Schwenk- achse (28) eines jeden Reibrades (18) versetzt zum Mittelpunkt (30) des durch die zugehörigen Eingangs- und Ausgangsscheiben (5, 6) gebilde- 50 ten Torus angeordnet wird und dass bei Auftreten einer Differenz zwischen den durch die Anpress- kräfte der beiden Scheiben (5, 6) auf das Reibrad (18) erzeugten Normalkräfte (F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>) eine Steuer- kraft (F<sub>st</sub>) erzeugt wird, die diese Differenz aus- 55 gleicht.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeich- net, dass die Schwenkachse (28) eines jeden Reibrades (18) in einer Ebene senkrecht zur Getriebelängsachse (29) und in Richtung zur Getriebelängsachse (29) hin 60 versetzt wird.
3. Verfahren nach Ansprüchen 1 und 2, dadurch ge- kennzeichnet, dass bei axialer Fixierung des Reibrades (18) diejenige Scheibe (5, 6) mit der Steuerkraft (F<sub>st</sub>) beaufschlagt wird, die die 65
4. Verfahren nach Ansprüchen 1 und 2, dadurch ge- kennzeichnet, dass bei axialer Fixierung einer der bei- den Scheiben das Reibrad (18) mit der Steuerkraft (F<sub>st</sub>)

**- Leerseite -**

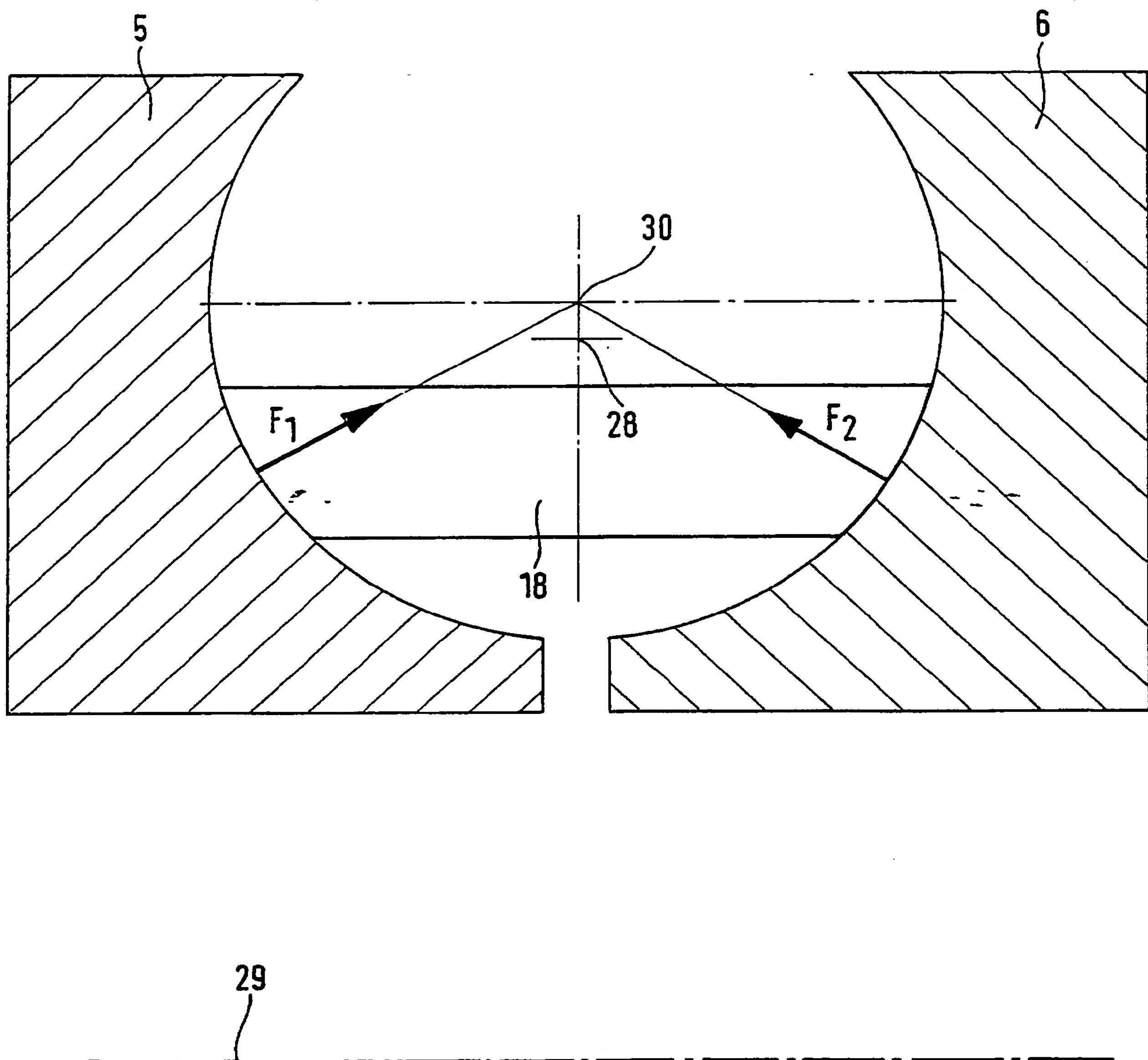


FIG. 2

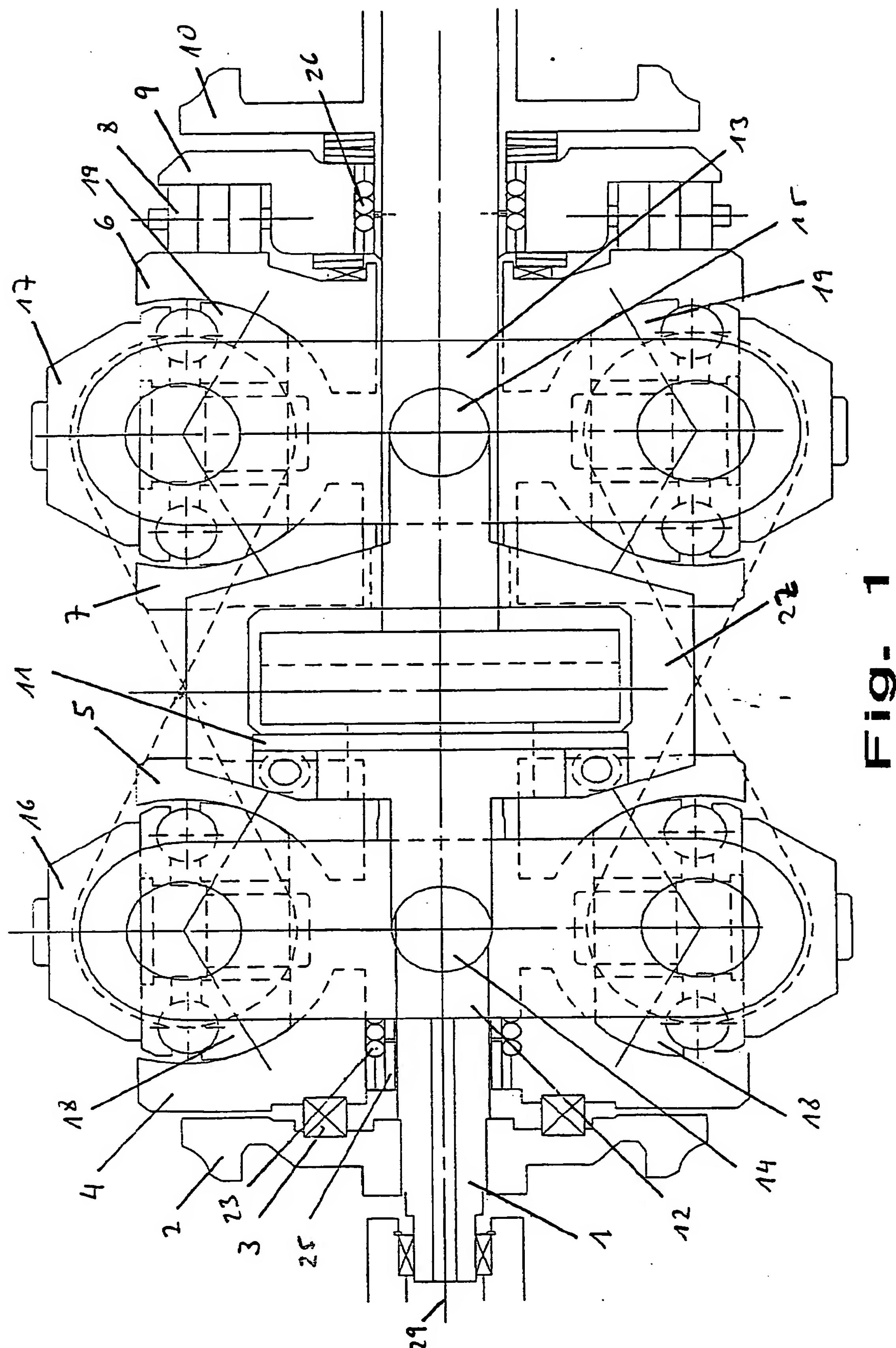


Fig. 1

902 050/305

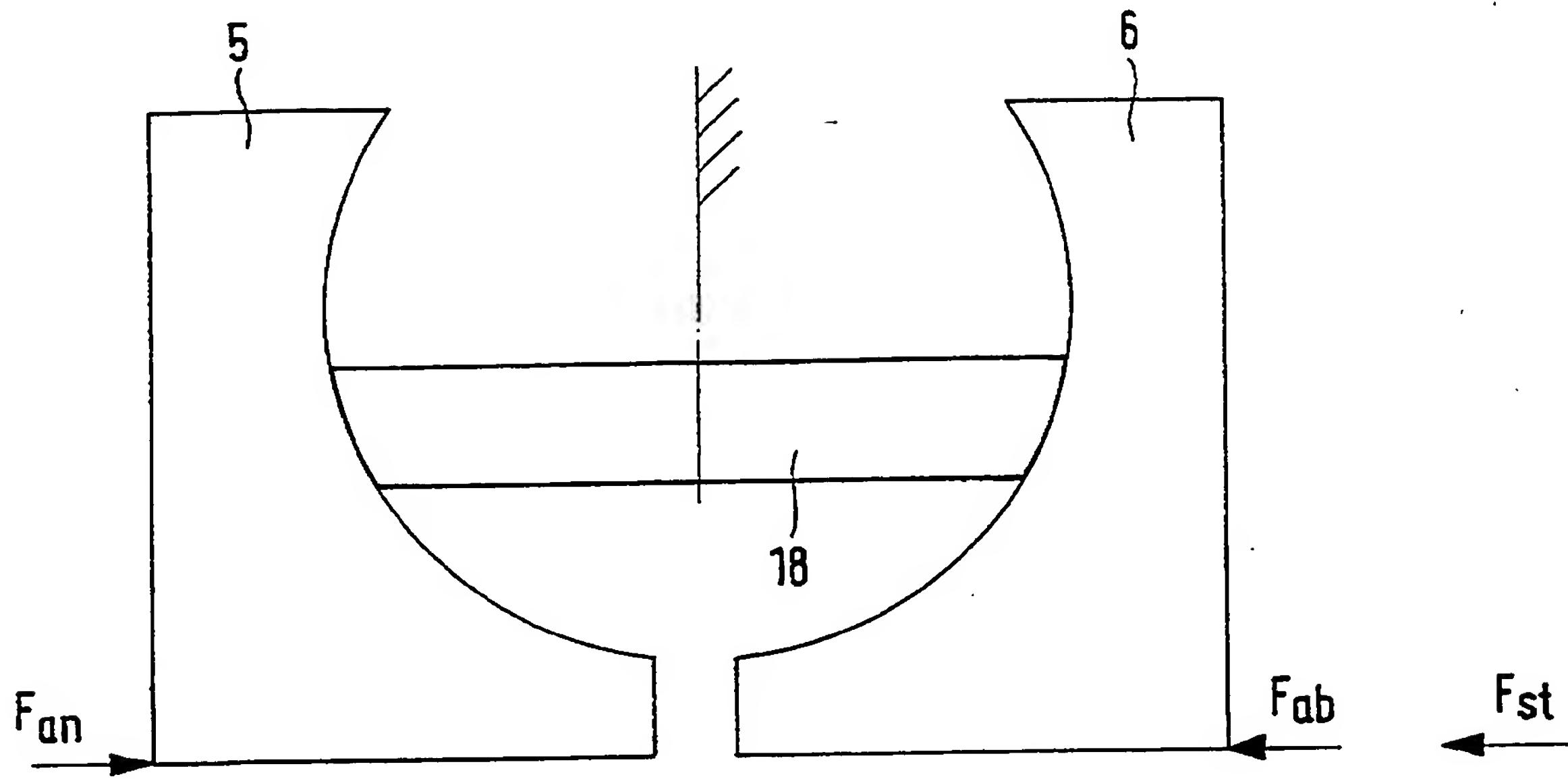


FIG. 3a

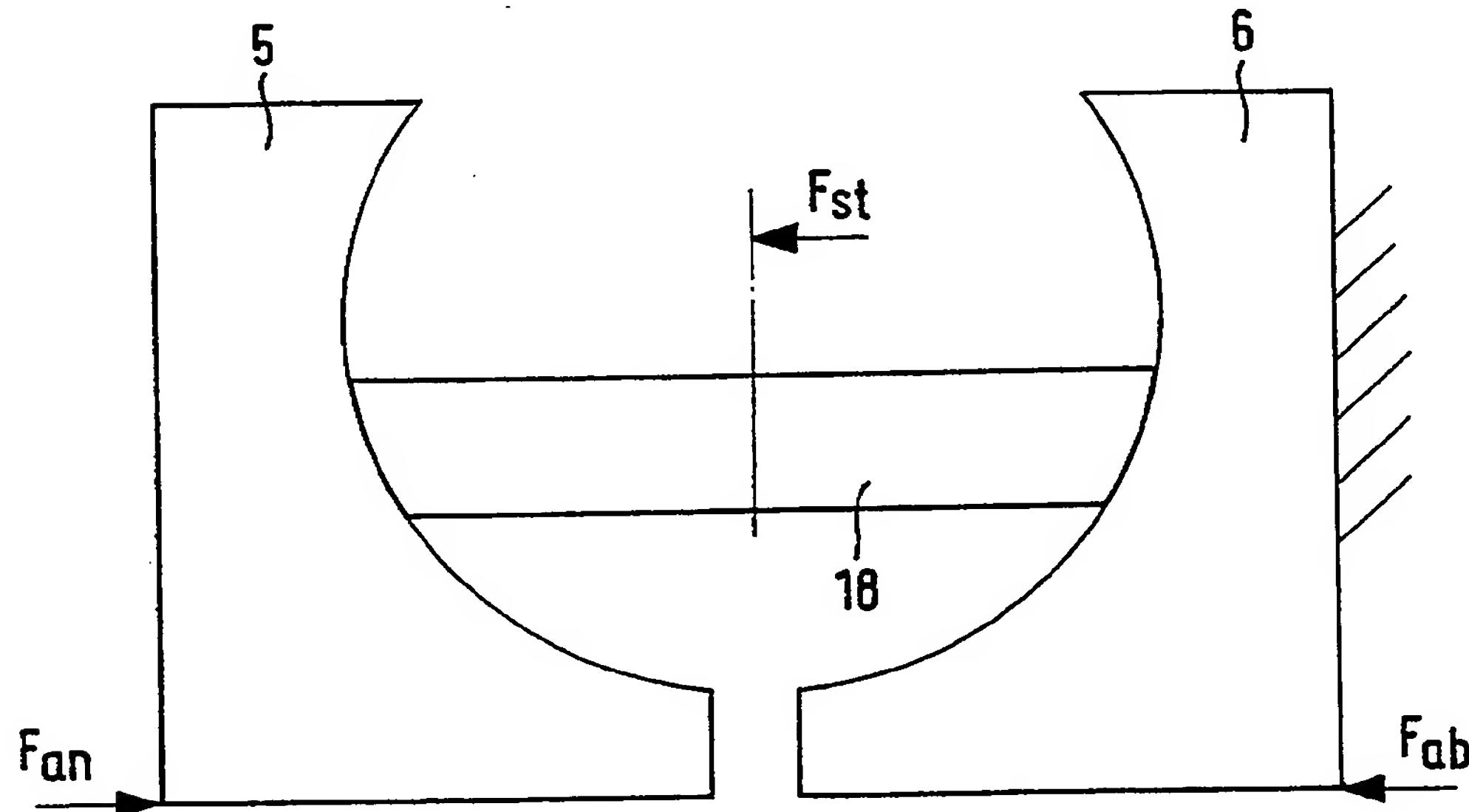


FIG. 3b